

**LAPORAN TUGAS SARJANA**

**PENGEMBANGAN INSTRUMENTASI *VIRTUAL***  
**UNTUK TUJUAN AKUISISI SINYAL GETARAN**  
**PADA MESIN BUBUT *CNC EMCO TU – 2A***



Diajukan Sebagai Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 (S-1)  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh :

**WAHYU KURNIAWAN**

**L2E 004 444**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
**SEMARANG**  
**2009**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Wahyu Kurniawan  
NIM : L2E 004 444

Dosen Pembimbing : I. Dr. Rusnaldy, ST, MT  
II. Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD

Jangka Waktu : 8 bulan

Judul : Pengembangan Instrumentasi *Virtual* Untuk Tujuan Akuisisi Sinyal Getaran Pada Mesin Bubut *CNC EMCO TU – 2A*.

Isi Tugas :

1. Membuat program aplikasi menggunakan *LabVIEW* untuk tujuan akuisisi sinyal getaran
2. Membuat *Low Pass Filter* untuk melewatkan frekuensi rendah dan memotong frekuensi tinggi
3. Melakukan pengujian hammer test dan pengukuran level getaran pada saat proses pembubutan pada mesin *CNC EMCO TU- 2A*

Semarang, 5 Januari 2009

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr Rusnaldy, ST, MT

NIP. 132 236 132

Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD

NIP. 132 316 216

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul “ **Pengembangan *Instrumentasi Virtual* Untuk Tujuan Akuisisi Sinyal Getaran Pada Mesin Bubut *CNC EMCO TU – 2A***” telah disetujui :

Hari :

Tanggal :

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr Rusnaldy, ST, MT

NIP. 132 236 132

Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD

NIP. 132 316 216

Mengetahui

Koordinator Tugas Sarjana

Dr. MSK Tony Suryo Utomo. ST, MT

NIP. 132 231 137

## ABSTRAK

Kemajuan Teknologi dalam bidang instrumentasi telah mendorong manusia menciptakan Instrumentasi *Virtual* yang memanfaatkan komputer sebagai tampilan mukanya (*user interface*), namun dapat berfungsi seperti layaknya alat – alat instrumentasi sebenarnya. Dalam penelitian ini dikembangkan Instrumentasi *Virtual* yang diaplikasikan untuk akuisisi sinyal getaran pada mesin bubut *CNC EMCO TU – 2A*. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *LabVIEW* yang menggunakan bahasa grafis (*graphical-based*), dan perangkat kerasnya adalah *DAQ Pad 6020 E*. Pengukuran level getaran pada mesin *CNC EMCO TU 2A* dilakukan untuk mengetahui frekuensi pribadi struktur dan mengetahui getaran yang terjadi pada saat proses pembubutan berlangsung. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan *Accelerometer* di bagian bawah pemegang pahat, baik pada saat mesin beroperasi maupun tidak. Dari hasil validasi program diperoleh faktor error rata - rata frekuensi sebesar 0.11 % dan faktor error rata – rata amplitudo  $V_{rms}$  nya adalah sebesar 0.45 %. Dengan error yang begitu kecil, program instrumentasi *virtual* yang telah didesain sudah layak untuk proses akuisisi data.

Kata Kunci : Instrumentasi Virtual, LabVIEW, Sinyal Getaran, Amplitude , Frekuensi, Mesin CNC EMCO TU 2A

## **ABSTRAK**

The Development of instrumentation device technology causing people to create virtual instrumentation which use a computer as an user interface, however it can be functioned as a real instrumentation device. In this research, virtual instrumentation is developed for acquisition of vibration signal on CNC EMCO TU 2A machine using LabVIEW software and DAQ Pad 6020E hardware. The Acquisition of vibration signal is done to get natural frequency system and to know vibration level at turning process. Testing is done by place an accelerometer under tool holder, both the machine in mode on and off. The virtual instrumentation programme have average amplitude error 0.45 % and average frequency error 0.11%. Based on this result, it can be concluded that the The virtual instrumentation programme which has been designed proper to acquisition of vibration signal.

Keyword : Instrumentation Virtual, LabVIEW, Vibration Signal, Frequency, Amplitude, CNC EMCO TU 2A,

## **Motto :**

**Sebaik – baiknya manusia adalah yang paling banyak  
manfaatnya bagi orang lain ...**

## **Persembahan :**

**Kupersembahkan Laporan Tugas akhir ini  
Untuk ayah, Ibu, dan Kakakku yang senantiasa  
Mendukung dan mendoakan setiap langkahku...**

**Untuk Arista Indraswari yang mengisi hari-hariku  
dengan doa – doa dan harapan – harapan baru.....**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis ucapkan atas berkat rahmat dan karunia Allah SWT yang telah dilimpahkan-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas Sarjana dengan judul “Pengembangan Instrumentasi *Virtual* Untuk Tujuan Akuisisi Sinyal Getaran Pada Mesin Bubut *CNC EMCO - TU 2A*”

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Rusnaldy, ST, MT selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktunya guna membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Achmad Widodo, ST, MT selaku dosen yang mengusulkan tema tugas akhir penulis dan membimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Berkah Fajar TK, Dipl. Ing. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
5. Bapak Dr. MSK, Tony Suryo Utomo, ST, MT, selaku koordinator Tugas Sarjana.
6. Mas Aji sebagai sekretaris Laboratorium Kontrol dan Getaran yang selama ini membantu di Lab.
7. Pak Yos sebagai laboran Lab. CNC yang membantu dalam pengujian.
8. Anggi Arivian sebagai rekan satu tim yang selama ini saling bertukar pikiran.
9. Asisten CNC Mustofa Zuhri '04 dan angkatan '06 dika, rifki, edo yang telah membantu pada saat pengujian.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan kritik membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan siapa saja yang membacanya.

Semarang, September 2009

Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Tugas Sarjana .....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	iv
Halaman Persembahan .....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Gambar .....	xi
Daftar tabel.....	xv
Nomenklatur.....	xviii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Metodologi .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	4

### BAB II DASAR TEORI

2.1 Data Akuisisi	
2.1.1 Sensor.....	5
2.1.2 Pengkondisi Sinyal.....	7
2.1.3 DAQ Board.....	14
2.2 Pengolahan Sinyal Digital	
2.2.1 Analog to Digital Conversion.....	18
2.2.2 Transformasi Fourier .....	21
2.2.3 Windowing.....	24

2.3 Jenis Pengukuran Getaran.....	28
2.4 Mesin Bubut EMCO TU 2A	
2.4.1 Bagian Utama Mesin Bubut EMCO TU 2A .....	32
2.4.2 Proses Permesinan.....	33
2.4.3 Proses Pembubutan.....	35
2.4.4 Getaran Pada Saat Proses Membubut ( <i>Turning</i> ).....	36
 <b>BAB III PENGEMBANGAN PROGRAM BERBASIS LABVIEW</b>	
3.1 Instrumentasi Virtual.....	38
3.2 LABVIEW.....	38
3.3 Driver software.....	43
3.4 MAX.....	44
3.5 Penjelasan Program Vibration Analisis.....	45
3.6 Langkah Pembuatan Program.....	54
3.7 Peralatan Percobaan.....	56
 <b>BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA</b>	
4.1 Validasi Program.....	62
4.2 Percobaan Menggunakan Exciter.....	65
4.3 Perancangan Filter.....	69
4.4 Pengujian <i>Hammer Test</i> .....	73
4.5 Pengujian Pada Saat Proses Pembubutan.....	77
4.6 Pembahasan.....	84
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Kesimpulan.....	86
 <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>87</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>88</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	1.1	Diagram Alir Percobaan .....	3
Gambar	2.1	Skema Proses Data Akuisisi .....	5
Gambar	2.2	<i>Accelerometer</i> .....	6
Gambar	2.3	Simbol <i>Amplifier</i> .....	7
Gambar	2.4	Diagram pin-connection dan op-amp jenis 741 .....	8
Gambar	2.5	<i>Inverting amplifier</i> .....	8
Gambar	2.6	Karakteristik input dan output <i>inverting amplifier</i> .....	9
Gambar	2.7	<i>Non Inverting amplifier</i> .....	9
Gambar	2.8	Karakteristik input dan output <i>non inverting amplifier</i> .....	10
Gambar	2.9	Jenis Filter Analog .....	11
Gambar	2.10	<i>Low Pass Filter</i> .....	12
Gambar	2.11	Karakteristik <i>Low Pass Filter</i> .....	13
Gambar	2.12	<i>Sallen Key Topologi</i> .....	13
Gambar	2.13	Efek <i>device range</i> terhadap keakuratan pengukuran .....	15
Gambar	2.14	<i>Differential measurement system 8 channel</i> .....	16
Gambar	2.15	<i>Referenced single-ended (RSE) measurement system 16 channel</i> .....	17
Gambar	2.16	<i>Nonreferenced single-ended (NRSE) measurement system 16 Channel</i> .....	17
Gambar	2.17	Contoh sinyal Analog .....	18
Gambar	2.18	Contoh sinyal diskrit .....	18
Gambar	2.19	Proses <i>Sampling</i> .....	19
Gambar	2.20	Fenomena <i>Aliasing</i> .....	20
Gambar	2.21	Proses quantization .....	21
Gambar	2.22	<i>Spectral Leakage</i> .....	25
Gambar	2.23	Proses windowing .....	26
Gambar	2.24	Perbandingan spectrum frekuensi sinyal yang diwindow dan tidak .....	26
Gambar	2.25	Jenis <i>window</i> .....	27
Gambar	2.26	Arah gerakan pada mesin bubut EMCO TU 2A .....	31

Gambar	2.27 Mesin bubut CNC EMCO TU 2 A.....	32
Gambar	2.28 Proses-proses permesinan .....	34
Gambar	2.29 Proses Membubut.....	35
Gambar	2.30 Getaran pahat yang arahnya searah dengan gerak pemakanan .....	37
Gambar	2.31 Getaran pahat yang arahnya searah dengan gerak pemotongan....	37
Gambar	3.1 Implementasi <i>Instrumentasi Virtual</i> .....	38
Gambar	3.2 Tampilan <i>Front Panel</i> dari LabVIEW.....	39
Gambar	3.3 Tampilan <i>Control</i> dan <i>Indicator</i> pada <i>front panel LabVIEW</i> .....	40
Gambar	3.4 Tampilan <i>Block Diagram</i> pada LabVIEW .....	40
Gambar	3.5 Terminal pada Block Diagram .....	41
Gambar	3.6 <i>Nodes</i> pada <i>block diagram</i> .....	41
Gambar	3.7 Contoh bentuk <i>wire</i> pada LabVIEW .....	42
Gambar	3.8 Berbagai jenis <i>structure</i> pada <i>LabVIEW</i> .....	42
Gambar	3.9 <i>Function Pallete</i> pada <i>Block Diagram</i> .....	43
Gambar	3.10 <i>Traditional NI DAQ AI Config</i> .....	43
Gambar	3.11 <i>Traditional NI DAQ AI Start</i> .....	44
Gambar	3.12 <i>Traditional NI DAQ AI Read</i> .....	44
Gambar	3.13 <i>Traditional NI DAQ AI Clear</i> .....	44
Gambar	3.14 Tampilan <i>user interface</i> pada <i>MAX</i> .....	45
Gambar	3.15 Tampilan <i>Front panel</i> program <i>Vibration Analisis</i> .....	46
Gambar	3.16 Tampilan <i>Block Diagram</i> program <i>Vibration Analisis</i> .....	47
Gambar	3.17 <i>Page time</i> .....	48
Gambar	3.18 <i>Page FFT</i> .....	49
Gambar	3.19 <i>Page Power Spectrum</i> .....	50
Gambar	3.20 <i>Page FRF</i> .....	51
Gambar	3.21 <i>Page Data Akuisisi Kontrol</i> .....	52
Gambar	3.22 <i>Page Sinyal Prosesing Kontrol</i> .....	53
Gambar	3.23 <i>DAQ Pad 6020 E</i> .....	56
Gambar	3.24 Sinyal Generator <i>Instek GFG 3015</i> .....	57
Gambar	3.25 <i>Oscilloscope merk Tektronix TDS 2014</i> .....	58
Gambar	3.26 <i>Low Pass Filter</i> .....	59

Gambar	3.27 <i>Hand Held Exciter Bruel &amp; Kjaer 5961</i> .....	59
Gambar	3.28 <i>Accelerometer Type PCB Piezotronic 35 3B17</i> .....	60
Gambar	3.29 <i>Amplifier PCB Piezotronic 482A22</i> .....	61
Gambar	4.1 Skema pengujian validasi program.....	62
Gambar	4.2 Grafik <i>time domain</i> dengan frekuensi 500 Hz.....	63
Gambar	4.3 Grafik frekuensi domain (FFT) dengan frekuensi 500 Hz .....	64
Gambar	4.4 Skema percobaan menggunakan <i>Exciter</i> .....	66
Gambar	4.5 Grafik frekuensi domain (FFT) <i>exciter</i> dengan pengaturan sinyal generator pada frekuensi 100 Hz dan amplitudo 1 V .....	67
Gambar	4.6 Grafik frekuensi domain (FFT) <i>exciter</i> dengan pengaturan sinyal generator pada frekuensi 300 Hz dan amplitudo 1 V .....	67
Gambar	4.7 Grafik frekuensi domain (FFT) <i>exciter</i> dengan pengaturan sinyal generator pada frekuensi 1000 Hz dan amplitudo 1 V .....	68
Gambar	4.8 Diagram <i>Bode Low Pass Filter</i> .....	70
Gambar	4.9 Skema rangkaian <i>Low Pass Filter</i> orde dua.....	71
Gambar	4.10 Skema Pengujian Hammer Test dengan respon terletak di bagian pemegang pahat .....	75
Gambar	4.11 Set up pengujian <i>hammer test</i> .....	75
Gambar	4.12 Grafik frekuensi domain (FFT) sebelum diberi <i>impuls</i> .....	76
Gambar	4.13 Grafik frekuensi time domain sebelum diberi <i>impuls</i> .....	76
Gambar	4.14 Grafik frekuensi domain (FFT) setelah diberi <i>impuls</i> .....	77
Gambar	4.15 Skema pengujian pada saat proses pembubutan dengan menggunakan <i>LPF</i> .....	78
Gambar	4.15 Skema pengujian pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i> .....	79
Gambar	4.17 Set up pengujian pada proses pembubutan.....	80
Gambar	4.18 Grafik time domain pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i> .....	81
Gambar	4.19 Grafik time domain pada saat proses pembubutan menggunakan <i>LPF</i> .....	81

Gambar 4.20 Grafik Frekuensi domain ( <i>FFT</i> ) pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i> .....	82
Gambar 4.21 Grafik Frekuensi domain pada saat proses pembubutan menggunakan <i>LPF</i> .....	82
Gambar 4.22 Grafik Power Spectrum pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i> .....	83
Gambar 4.23 Grafik Power Spectrum) pada saat proses pembubutan menggunakan <i>LPF</i> .....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Karakteristik <i>window</i> .....	27
Tabel	2.2	Contoh penggunaan <i>window</i> .....	28
Tabel	2.3	Jenis FRF berdasarkan respon getaran yang diukur .....	29
Tabel	3.1	Penjelasan tombol – tombol pada <i>page</i> Data Akuisisi Kontrol .....	52
Tabel	3.2	Penjelasan tombol – tombol pada <i>page</i> Sinyal Prosesing Kontrol .....	54
Tabel	4.1	Validasi Program .....	65
Tabel	4.2	Respon <i>Low Pass Filter</i> seccara nyata .....	72

## NOMENKLATUR

<u>Simbol</u>	<u>Satuan</u>	<u>Keterangan</u>
A <sub>o</sub>	Volt	Amplitude osiloskop
A <sub>p</sub>	Volt	Amplitude program
A <sub>s</sub>	Volt	Amplitude sinyal generator
C	Farad	Nilai Kapasitas Kapasitor
f <sub>o</sub>	Hz	Frekuensi Osiloskop
f <sub>p</sub>	Hz	Frekuensi program setelah di FFT
f <sub>s</sub>	Hz	Frekuensi sinyal generator
R	Ω	Nilai Hambatan Resistor
t <sub>c</sub>	menit	Waktu Pemotongan
V	mm/menit	Kecepatan Potong
V <sub>f</sub>	mm/menit	Kecepatan Makan
V <sub>in</sub>	Volt	Tegangan Masuk
V <sub>out</sub>	Volt	Tegangan Keluar
ω <sub>c</sub>	rad/s	Frekuensi Cut off